

УДК 621.311.22:628.54

ОХЛАЖДЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ВОДЫ В БРЫЗГАЛЬНОМ БАССЕЙНЕ ТЭС С ФОРСУНКАМИ, ОБОРУДОВАННЫМИ СЕТОЧНЫМИ НАСАДКАМИ

*Канд. техн. наук БРАТУТА Э. Г., инженеры ЗАНОЧКИН Л. А.,
ВОРОБЬЕВ В. М., канд. физ.-мат. наук ЯРОШЕНКО Т. И.*

Харьковский политехнический институт имени В. И. Ленина

В последние годы в отечественной и зарубежной энергетике все большее внимание уделяется брызгальным системам охлаждения циркуляционной воды ТЭС и АЭС. Использование открытых брызгальных систем охлаждения целесообразно, поскольку благодаря высокой эффективности теплообмена при прямом контакте капель и воздуха они занимают меньшую площадь, чем пруды-охладители, и более приемлемы по капитальным затратам и выбросам в окружающую среду, чем градирни [1]. Центральным элементом, конструкция и режим работы которого в основном определяют эффективность брызгального бассейна в целом, является распыливающее устройство. Анализ работы натурных и полу-

промышленных брызгальных бассейнов и основные принципы инженерных решений, принимаемых проектными и научно-исследовательскими организациями, показывают, что перспективно оснащение оросительной системы форсунками большой единичной производительности.

Увеличение производительности форсунок связано с ростом размеров капель и, как следствие этого, с ухудшением охлаждения циркуляционной воды. С другой стороны, уменьшение диаметра сопла форсунки для обеспечения требуемой структуры межфазной поверхности приводит к увеличению числа распылителей, а достижение более тонкого распыла за счет повышения напора воды перед форсункой связано с увеличением энергетических затрат.

Выполненные лабораторные исследования показали [2], что при взаимодействии факела с металлической сеткой при определенном сочетании размера ее ячейки и расстояния от устья сопла форсунки возможно без дополнительных затрат энергии в два-три раза увеличить межфазную поверхность капель и обеспечить снижение температуры воды еще на $2-3^{\circ}\text{C}$.

Дальнейшие лабораторные исследования, проведенные при расширенном диапазоне размеров центробежных форсунок, позволили получать обобщенные зависимости оптимальных значений размеров ячейки a и расстояния h от устья форсунки от ее производительности, которые имеют вид:

$$a = 1,6 \ln(29,2 \cdot 10^3 V/\Delta p^{0,5}); \quad (1)$$

$$h = 174,8 \ln(35,9 \cdot 10^3 V/\Delta p^{0,5}), \quad (2)$$

где a и h — в мм;

V — объемная производительность форсунки, $\text{м}^3/\text{с}$;

Δp — напор воды перед форсункой, кПа.

Формулы (1), (2) справедливы для диапазона изменения удельной производительности $6,4 \cdot 10^{-5} \leq V/\Delta p \leq 1,5 \cdot 10^{-3}$ и напора воды перед форсунками $40 \leq \Delta p \leq 200$.

Учитывая специфику и ограниченность лабораторных опытов, целесообразно исследовать эффективность применения сеточных насадок в условиях натурального брызгального бассейна.

На рис. 1 показан план брызгальных бассейнов Зуевской ГРЭС-2, где в летний период были проведены исследования. По подводящему каналу 1 горячая вода поступает к центральной насосной станции 2, откуда по трубопроводам 3 подается к трем брызгальным бассейнам 6, оснащенным форсунками типа Б-50, для которых $V/\Delta p^{0,5} = 1,44 \cdot 10^{-3}$, параметры сетки: $a=6$, $h=700$ мм.

Форсунки расположены в шахматном порядке с шагом между рядами семь метров. Выходные отверстия форсунок находятся на высоте двух метров от уровня воды в бассейне. По техническим причинам полное оснащение сеточными насадками какого-либо бассейна не представилось возможным. Поэтому сеточные насадки были установлены над девятью форсунками (образовавшими опытную секцию 4), рядом с которой была выделена контрольная секция 5, также состоящая из девяти форсунок.

Как видно из рис. 1, обе секции располагались в глубине брызгального бассейна так, что аэротермические условия взаимодействия распыленной воды с окружающим воздухом в опытной и контрольной секциях можно считать идентичными.

Проведение натуральных экспериментов было сопряжено с необходимостью разработки методики измерений температуры охлажденной воды на уровне зеркала бассейна. Предварительные опыты показали, что на кольцевой поверхности орошения в подфакельном пространстве существует заметная неравномерность распределения локальных значений температуры и расхода воды как в радиальном, так и в окружном направлениях.

Рассмотрение весьма ограниченных сведений [3, 4] о методике и технической реализации измерений в условиях природных бассейнов показало, что использование совокупности отдельных водосборных емкостей, перемещаемых в пределах выделенной поверхности зеркала бассейна (в которых определяется температура воды), неприемлемо для решения поставленной нами задачи. Это связано с тем, что интегральный результат определения температуры охлажденной воды в факеле зависит от количества емкостей, характера их размещения и методики осреднения полученных данных.

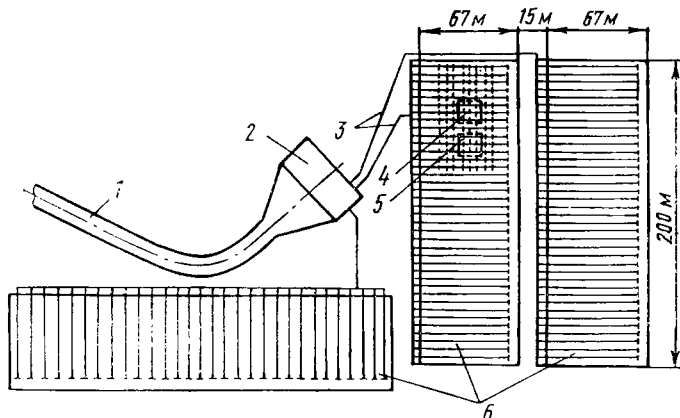


Рис. 1. План брызгальных бассейнов Зуевской ГРЭС-2

В связи с этим был применен водосборник в виде лотка, который в плане имел форму сектора с вершиной, совпадающей с осью форсунки. При такой форме водосборника температура и расход воды на сливе из него соответствуют физически осредненным локальным значениям этих величин по радиусу факела. Длина секторного водосборника составляла 5,5 м при угле раскрытия 6 градусов. Корпус водосборника, изготовленный из пенополистирола, покрытого битумом, узкой частью шарнирно крепился к стояку форсунки, а его широкая часть размещалась на понтоне.

Для учета окружной неравномерности температур и расходов воды водосборник дискретно перемещался вокруг оси форсунки и фиксировался в восьми положениях. При этом представительными считались результаты таких опытов, когда за время полного оборота водосборника изменение скорости ветра не превышало 10 %, температуры t_1 горячей воды — 1 % и температуры воздуха по сухому t_v и мокрому t_m термометрам — не более 2 %. При такой постановке измерений искомую среднюю температуру охлажденной воды определяли как

$$\bar{t}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n V_i t_{2i}}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad (3)$$

где n — число дискретных положений водосборника по окружности факела;

t_{2i} — температура воды на сливе из водосборника в его i -м положении;

V_i — объемный расход воды.

Дополнительное охлаждение воды Δt_{di} , измеренное в i -м положении водосборника, находилось как

$$\Delta t_{di} = t_{2ki} - t_{2oi}, \quad (4)$$

где t_{2ki} и t_{2oi} — температуры, измеренные на сливе из водосборников в контрольной и опытной секциях при соответствующем угле γ по окружности факела.

Определив осредненные значения \bar{t}_{20} и $\bar{t}_{2д}$ по формуле (3) для опытной и контрольной секций, величину среднего дополнительного охлаждения воды за счет использования эффекта вторичного дробления капель вычисляли в виде

$$\Delta \bar{t}_{д} = \bar{t}_{2к} - \bar{t}_{20}. \quad (5)$$

В качестве термодатчиков использовались хромель-копелевые термомпары, с помощью которых измерялась как температура горячей воды на выходе из форсунки, так и непосредственно разность температур $\Delta t = t_1 - t_2$.

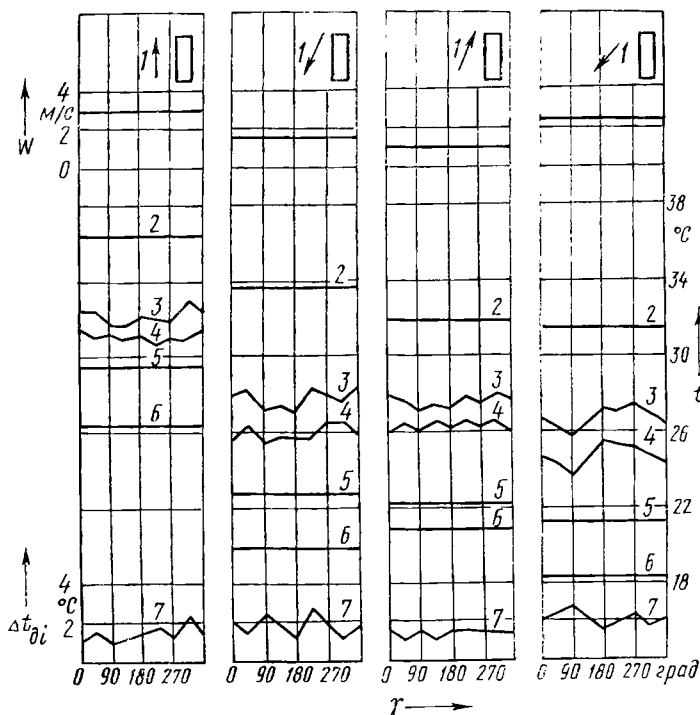


Рис. 2. Дополнительное снижение температуры охлажденной воды по окружности факела:

1 — направление ветра; 2 — температура t_1 ; 3 — температура охлажденной воды в контрольной секции; 4 — температура воды в опытной секции; 5 — температура t_B ; 6 — температура t_M ; 7 — величина $\Delta \bar{t}_{д}$

Проведению основных опытов предшествовали измерения степени охлаждения воды в контрольной и опытной секциях со снятыми сеточными насадками, что позволило определить степень идентичности исходных условий сравнения. Было установлено, что в сходственные моменты времени и в одинаковых положениях секторных водосборников максимальное отличие при измерении Δt не превышало $0,4^\circ\text{C}$.

Затем в соответствии с изложенной методикой были проведены основные опыты с сеточными насадками.

На рис. 2 в качестве примера представлены результаты четырех опытов, в каждом из которых показано изменение всех определяющих параметров, в том числе и искомой величины $\Delta t_{д}$. В верхней части графика стрелкой указано направление ветра относительно брызгального бассейна, обозначенного прямоугольником.

На рис. 3 приведены результаты обработки опытных данных, где величина $\Delta t_{д}$, вычисленная по уравнению (5), дана в функции температурного фактора

$$K_T = (t_1 - t_M) / (t_B - t_M). \quad (6)$$

В период проведения испытаний скорость ветра W изменялась от $0,3$ до $3,5$ м/с. Вместе с тем обработка опытных данных показывает, что все

результаты эксперимента описываются единой линейной зависимостью $\Delta t_d(K_T)$. Последнее свидетельствует о том, что дополнительное охлаждение воды Δt_d в указанном интервале практически не зависит от скорости ветра и в основном определяется температурным фактором K_T .

Существенной является возможность сезонного управления дисперсным составом распыливаемой жидкости, когда для уменьшения выноса капельной влаги из брызгального бассейна можно перевести сеточные насадки в нерабочее положение.

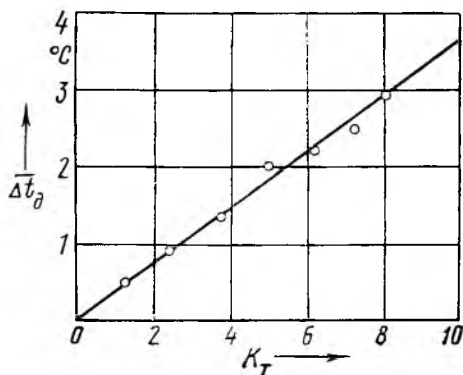


Рис. 3. Зависимость дополнительного охлаждения воды Δt_d от температурного фактора K_T

При эксплуатации сеточных насадок в течение двух месяцев в условиях Зуевской ГРЭС-2 их зарастание и засорение не наблюдались, что связано с высокой скоростью взаимодействия капель с сеткой.

Так как дополнительное охлаждение циркуляционной воды, к примеру, на 2°C приводит, согласно [5], к повышению к. п. д. станции примерно на 1 %, расходы, связанные с реализацией рас-

смотренного метода, будут весьма малы по сравнению с возможным экономическим эффектом.

ВЫВОДЫ

1. Получена обобщенная зависимость для оптимальных размеров ячейки сетки и ее расстояния от устья форсунки, при которых достигается максимальный эффект дополнительного дробления капель в факеле.

2. В результате проведенных исследований в условиях брызгального бассейна Зуевской ГРЭС-2 установлено, что применение сеточных насадок на форсунках брызгальных бассейнов может обеспечить дополнительное охлаждение циркуляционной воды до 3°C .

3. Использование вторичного дробления капель на сетке позволит применить в брызгальных бассейнах форсунки большой единичной производительности без снижения уровня охлаждения циркуляционной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чатурведи, Портер. Теплообменные характеристики брызгальных бассейнов // Энергетические машины и установки.— 1980.— Т. 102.— № 4.— С. 28—35.
2. Братута Э. Г., Заночкин Л. А. Интенсификация тепло- и массообмена при охлаждении распыленной жидкости // Энергетическое машиностроение.— 1984.— Вып. 38.— С. 71—75.
3. Портер, Чен. Тепло- и массоперенос в брызгальных бассейнах // Теплопередача.— 1974.— Т. 96.— № 3.— С. 24—30.
4. Чен, Тризек. Модели тепловых режимов работы и метод расчета потерь воды из-за сноса для брызгальных систем охлаждения // Теплопередача.— 1977.— Т. 99.— № 2.— С. 127—134.
5. Ткач Н. Я., Ширшиков О. П. Опыт эксплуатации и улучшение конструкций башенных градирен электростанций // Электрические станции.— 1983.— № 4.— С. 19—21.

Представлена кафедрой
общей теплотехники

[17.01.1986]